



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년03월31일

(11) 등록번호 10-1607907

(24) 등록일자 2016년03월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C30B 25/20 (2006.01) C30B 29/36 (2006.01)

H01L 21/20 (2006.01) H01L 21/205 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0030851

(22) 출원일자 2014년03월17일

심사청구일자 2014년03월17일

(65) 공개번호 10-2014-0117277

(43) 공개일자 2014년10월07일

(30) 우선권주장

JP-P-2013-064365 2013년03월26일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

J. A. Powell, et al., Surface morphology of silicon carbide epitaxial films, J. Electronic Materials, v. 24, no. 4, pp. 295-301 (1995)*

KR1020120137411 A*

WO2011142074 A1

KR1020120101097 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

미쓰비시덴키 가부시기가이샤

일본국 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 2초메 7반 3고

(72) 발명자

오노 아키히토

일본국 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 2초메 7반 3고 미쓰비시덴키 가부시기가이샤 나이

카와즈 켄페이

일본국 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 2초메 7반 3고 미쓰비시덴키 가부시기가이샤 나이

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

권태복, 이화익, 김홍두

전체 청구항 수 : 총 11 항

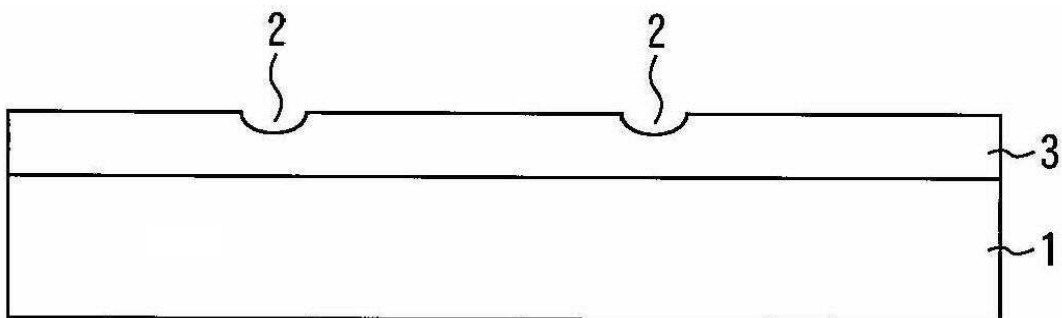
심사관 : 이영화

(54) 발명의 명칭 단결정 4H-SiC 기판 및 그 제조방법

(57) 요약

결정 결함을 저감할 수 있는 단결정 4H-SiC 기판 및 그 제조방법을 얻는다. 평탄성을 갖는 4H-SiC 벌크 단결정 기판(1)을 준비한다. 4H-SiC 벌크 단결정 기판(1) 위에 오목부(2)를 갖는 단결정 4H-SiC층(3)을 에피택셜 성장시킨다. 단결정 4H-SiC층(3)의 막두께를 X[μ m]로 하면, 오목부(2)의 직경 Y[μ m]는 $0.2 \times X[\mu\text{m}]$ 이상, $2 \times X[\mu\text{m}]$ 이하이고, 또한 오목부(2)의 깊이 Z[nm]은 $0.95 \times X[\mu\text{m}] + 0.5[\text{nm}]$ 이상, $10 \times X[\mu\text{m}]$ 이하이다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

토미타 노부유키

일본국 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 2초메 7반 3고
미쓰비시덴키 가부시키키가이샤 나이

타나카 타카노리

일본국 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 2초메 7반 3고
미쓰비시덴키 가부시키키가이샤 나이

미타니 요이치로

일본국 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 2초메 7반 3고
미쓰비시덴키 가부시키키가이샤 나이

하마노 켄이치

일본국 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 2초메 7반 3고
미쓰비시덴키 가부시키키가이샤 나이

명세서

청구범위

청구항 1

4H-SiC 벌크 단결정 기관과,

상기 4H-SiC 벌크 단결정 기관의 평탄한 주면 위에 에피택셜 성장에 의해 형성되고, 오목부를 갖는 제1 단결정 4H-SiC층과,

상기 제1 단결정 4H-SiC층 위에, 상기 오목부를 매립하도록 에피택셜 성장에 의해 형성된 제2 단결정 4H-SiC층을 구비하고,

상기 제1 단결정 4H-SiC층의 막두께를 $X[\mu\text{m}]$ 로 하면, 상기 오목부의 직경 $Y[\mu\text{m}]$ 는 $0.2 \times X[\mu\text{m}]$ 이상, $2 \times X[\mu\text{m}]$ 이하이고, 또한 상기 오목부의 깊이 $Z[\text{nm}]$ 은 $0.95 \times X[\mu\text{m}] + 0.5[\text{nm}]$ 이상, $10 \times X[\mu\text{m}]$ 이하이며,

상기 오목부의 직경 $Y[\mu\text{m}]$ 는 $2\mu\text{m}$ 이상 $20\mu\text{m}$ 이하이고, 상기 오목부의 깊이 $Z[\text{nm}]$ 는, 10nm 이상 100nm 이하인 것을 특징으로 하는 단결정 4H-SiC 기관.

청구항 2

4H-SiC 벌크 단결정 기관과,

상기 4H-SiC 벌크 단결정 기관의 평탄한 주면 위에 에피택셜 성장에 의해 형성되고, 오목부를 갖는 제1 단결정 4H-SiC층과,

상기 제1 단결정 4H-SiC층 위에, 상기 오목부를 매립하도록 에피택셜 성장에 의해 형성된 제2 단결정 4H-SiC층을 구비하고,

상기 제1 단결정 4H-SiC층의 막두께를 $X[\mu\text{m}]$ 로 하면, 상기 오목부의 직경 $Y[\mu\text{m}]$ 는 $0.2 \times X[\mu\text{m}]$ 이상, $2 \times X[\mu\text{m}]$ 이하이고, 또한 상기 오목부의 깊이 $Z[\text{nm}]$ 은 $0.95 \times X[\mu\text{m}] + 0.5[\text{nm}]$ 이상, $10 \times X[\mu\text{m}]$ 이하이며,

상기 제1 단결정 4H-SiC층의 막두께 $X[\mu\text{m}]$ 는, 300nm 이상 $10\mu\text{m}$ 이하인 것을 특징으로 하는 단결정 4H-SiC 기관.

청구항 3

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 제1 단결정 4H-SiC층은, 결함밀도가 $2\text{개}/\text{cm}^2$ 이하인 것을 특징으로 하는 단결정 4H-SiC 기관.

청구항 4

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 제1 단결정 4H-SiC층의 표면의 상기 오목부의 밀도가 $10\text{개}/\text{cm}^2$ 이상인 것을 특징으로 하는 단결정 4H-SiC 기관.

청구항 5

삭제

청구항 6

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 제1 단결정 4H-SiC층은 N형 불순물이 도핑되어 있는 것을 특징으로 하는 단결정 4H-SiC 기판.

청구항 7

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 제2 단결정 4H-SiC층은 N형 불순물이 도핑되어 있는 것을 특징으로 하는 단결정 4H-SiC 기판.

청구항 8

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 제2 단결정 4H-SiC층은 표면 평균 거칠기가 0.3nm 이하인 것을 특징으로 하는 단결정 4H-SiC 기판.

청구항 9

4H-SiC 벌크 단결정 기판을 준비하는 공정과,

상기 4H-SiC 벌크 단결정 기판의 평탄한 주면 위에 오목부를 갖는 제1 단결정 4H-SiC층을 에피택셜 성장시키는 공정과,

상기 제1 단결정 4H-SiC층 위에, 상기 오목부를 매립하도록 제2 단결정 4H-SiC층을 에피택셜 성장시키는 공정을 구비하고,

상기 제1 단결정 4H-SiC층의 막두께를 $X[\mu\text{m}]$ 로 하면, 상기 오목부의 직경 $Y[\mu\text{m}]$ 는 $0.2 \times X[\mu\text{m}]$ 이상, $2 \times X[\mu\text{m}]$ 이하이고, 또한 상기 오목부의 깊이 $Z[\text{nm}]$ 는 $0.95 \times X[\mu\text{m}] + 0.5[\text{nm}]$ 이상, $10 \times X[\mu\text{m}]$ 이하이며,

상기 오목부의 직경 $Y[\mu\text{m}]$ 는 $2\mu\text{m}$ 이상 $20\mu\text{m}$ 이하이고, 상기 오목부의 깊이 $Z[\text{nm}]$ 는, 10nm 이상 100nm 이하인 것을 특징으로 하는 단결정 4H-SiC 기판의 제조방법.

청구항 10

4H-SiC 벌크 단결정 기판을 준비하는 공정과,

상기 4H-SiC 벌크 단결정 기판의 평탄한 주면 위에 오목부를 갖는 제1 단결정 4H-SiC층을 에피택셜 성장시키는 공정과,

상기 제1 단결정 4H-SiC층 위에, 상기 오목부를 매립하도록 제2 단결정 4H-SiC층을 에피택셜 성장시키는 공정을 구비하고,

상기 제1 단결정 4H-SiC층의 막두께를 $X[\mu\text{m}]$ 로 하면, 상기 오목부의 직경 $Y[\mu\text{m}]$ 는 $0.2 \times X[\mu\text{m}]$ 이상, $2 \times X[\mu\text{m}]$ 이하이고, 또한 상기 오목부의 깊이 $Z[\text{nm}]$ 는 $0.95 \times X[\mu\text{m}] + 0.5[\text{nm}]$ 이상, $10 \times X[\mu\text{m}]$ 이하이며,

상기 제1 단결정 4H-SiC층의 막두께 $X[\mu\text{m}]$ 는, 300nm 이상 $10\mu\text{m}$ 이하인 것을 특징으로 하는 단결정 4H-SiC 기판의 제조방법.

청구항 11

제 9항 또는 제 10항에 있어서,

상기 제1 단결정 4H-SiC층의 표면의 상기 오목부의 밀도가 10개/ cm^2 이상인 것을 특징으로 하는 단결정 4H-SiC 기판의 제조방법.

청구항 12

제 9항 또는 제 10항에 있어서,

상기 제1 단결정 4H-SiC층은, 결함밀도가 $2\text{개}/\text{cm}^2$ 이하인 것을 특징으로 하는 단결정 4H-SiC 기판의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 결정 결함을 저감할 수 있는 단결정 4H-SiC 기판 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 밴드갭, 절연 파괴 전계강도, 포화 드리프트 속도, 열 전도도가 실리콘에 비해 상대적으로 큰 탄화 규소(이하 SiC로 기재한다)가, 주로 전력제어용 파워 디바이스 재료로서 주목받고 있다. 이 SiC를 사용한 파워 디바이스는, 전력 손실의 대폭적인 저감, 소형화 등이 가능하여, 전원 전력 변환시의 에너지 절감화를 실현할 수 있기 때문에, 전기 자동차의 고성능화, 태양 전지 시스템 등의 고기능화 등, 저탄소 사회 실현하는데 키 디바이스가 된다.

[0003] SiC 파워 디바이스의 사양에 의해 도핑 밀도 및 막두께가 거의 미리 정해져, 통상, 벌크 단결정 기판보다 높은 정밀도가 요구된다. 따라서, 4H-SiC 벌크 단결정 기판 위에 미리 반도체 디바이스의 활성 영역이 열 CVD법(열화학기상퇴적법) 등에 의해 에피택셜성장된다. 여기에서 말하는 활성 영역이란, 결정 내부에 있어서 도핑 밀도 및 막두께가 정밀하게 제어된 영역을 말한다.

[0004] 4H-SiC 벌크 단결정 기판에는, c축 방향으로 전파하는 나사 전위, 에지상 전위(edge dislocation), c축과 수직 방향으로 전파하는 전위(기저면 전위)가 내재하고 있다. 이들 전위는, 기판 위에 성장시킨 에피택셜 막에 전파한다. 더구나 에피택셜 성장시에 새로운 전위 루프와 적층 결함이 도입된다. 이들 결정 결함은, 이 SiC 기판을 사용한 디바이스의 내전압 특성, 신뢰성, 수율을 저하시켜, 실용화의 폐해로 되는 경우가 있다.

[0005] 이때, 단결정 3C-SiC 기판의 제조방법으로서, 평탄면에 표면 피트(pit)가 점재하는 표면 상태가 되도록 단결정 3C-SiC층을 형성함으로써, 결정 결함을 저감하는 방법이 제안되어 있다(예를 들면, 특허문헌 1 참조).

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 일본국 특개 2011-225421호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 임방결정인 3C-SiC과 육방결정인 4H-SiC은, 결정 구조, 즉 원자 배열이 다르기 때문에, 성장 조건이 크게 다르다. 예를 들면, 3C-SiC의 성장 온도는 $1000\sim 1100^\circ\text{C}$ 인 것에 대해, 4H-SiC의 성장 온도는 $1600\sim 1800^\circ\text{C}$ 로 매우 고온이 된다. 따라서, 단결정 3C-SiC 기판의 결정 결함을 저감하는 방법은 단결정 4H-SiC 기판에는 적용할 수 없고, 단결정 4H-SiC 기판에 있어서 결정 결함을 저감하는 방법은 알려져 있지 않았다.

[0008] 본 발명은, 전술한 것과 같은 과제를 해결하기 위해 이루어진 것으로서, 그 목적은 결정 결함을 저감할 수 있는 단결정 4H-SiC 기판 및 그 제조방법을 얻는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명에 관한 단결정 4H-SiC 기관의 제조방법은, 평탄성을 갖는 4H-SiC 벌크 단결정 기관을 준비하는 공정과, 상기 4H-SiC 벌크 단결정 기관 위에 오목부를 갖는 제1 단결정 4H-SiC층을 에피택셜 성장시키는 공정을 구비하고, 상기 제1 단결정 4H-SiC층의 막두께를 $X[\mu\text{m}]$ 로 하면, 상기 오목부의 직경 $Y[\mu\text{m}]$ 는 $0.2 \times X[\mu\text{m}]$ 이상, $2 \times X[\mu\text{m}]$ 이하이고, 또한 상기 오목부의 깊이 $Z[\text{nm}]$ 는 $0.95 \times X[\mu\text{m}] + 0.5[\text{nm}]$ 이상, $10 \times X[\mu\text{m}]$ 이하이다.

발명의 효과

[0010] 본 발명에 의해, 결정 결함을 저감할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 발명의 실시형태 1에 관한 단결정 4H-SiC 기관의 제조방법을 나타낸 단면도다.
 도 2는 본 발명의 실시형태 1에 관한 단결정 4H-SiC 기관의 제조방법을 나타낸 단면도다.
 도 3은 단결정 4H-SiC층의 성장 표면에 형성된 오목부를 광학현미경으로 관찰한 현미경 사진상이다.
 도 4는 오목부의 직경과 에피택셜 막의 막두께의 관계를 도시한 도면이다.
 도 5는 오목부의 깊이와 에피택셜 막의 막두께의 관계를 도시한 도면이다.
 도 6은 단결정 4H-SiC층의 표면의 오목부의 밀도와 결함밀도의 관계를 도시한 도면이다.
 도 7은 본 발명의 실시형태 2에 관한 단결정 4H-SiC 기관의 제조방법을 나타낸 단면도다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 본 발명의 실시형태에 관한 단결정 4H-SiC 기관 및 그 제조방법에 대해 도면을 참조해서 설명한다. 동일 일 또는 대응하는 구성요소에는 동일한 부호를 붙이고, 설명의 반복을 생략하는 경우가 있다.

[0013] 실시형태 1.

[0014] 이하, 본 발명의 실시형태 1에 관한 단결정 4H-SiC 기관의 제조방법에 대해 설명한다. 도 1 및 도 2는, 본 발명의 실시형태 1에 관한 단결정 4H-SiC 기관의 제조방법을 나타낸 단면도다.

[0015] 우선, 도 1에 나타낸 것과 같이, 주면이 되는 (0001)면(C면)에 대해 <11-20> 방향으로 4도의 오프각을 갖는 4H-SiC 벌크 단결정 기관(1)을 준비한다. 여기에서, 오프각은 4도에 한정되는 것은 아니고, 2도~10도의 범위 내이면 된다.

[0016] 구체적으로는, 4H-SiC 벌크 단결정 기관(1)에 대해, 기계연마, 및 산성 또는 알칼리성을 나타내는 약액을 사용한 화학기계연마에 의해 평탄화 처리를 행한다. 더구나, 아세톤을 사용해서 초음파 세정을 실시하여 유기물을 제거한다. 다음에, 4H-SiC 벌크 단결정 기관(1)에 대해 소위 RCA 세정을 행한다. 즉, $75^{\circ}\text{C}(\pm 5^{\circ}\text{C})$ 로 가열한 암모니아수와 과산화 수소수의 혼합액(1:9)에 10분간 담근 후에, $75^{\circ}\text{C}(\pm 5^{\circ}\text{C})$ 로 가열한 염산과 과산화 수소수(1:9)에 담근다. 더구나, 체적 비율로 5% 정도의 불산을 포함하는 수용액에 담그고, 순수에 의해 치환처리를 더 행함으로써, 4H-SiC 벌크 단결정 기관(1)에 대한 표면 세정을 행한다.

[0017] 다음에, 4H-SiC 벌크 단결정 기관(1)을 CVD 장치에 도입한다. 약 $1 \times 10^{-7} \text{ kPa}$ 정도까지 진공처리를 행한다. 그후, $1400^{\circ}\text{C} \sim 1700^{\circ}\text{C}$ 정도까지 가열하여, 환원성 가스 분위기 중에서의 어닐공정을 실시한다. 다음에, 도 2에 나타낸 것과 같이, 원료 가스를 공급하여, 4H-SiC 벌크 단결정 기관(1) 위에, 직경 2~ $20 \mu\text{m}$, 가장 깊은 부분의 깊이 10~100nm의 오목부(2)를 갖는 단결정 4H-SiC층(3)을 에피택셜 성장시킨다. 원료 가스에는, 예를 들면, Si 원자의 공급원으로서 실란 가스(SiH_4)를 사용하고, C 원자의 공급원으로서 프로판 가스(C_3H_8)를

사용하고, N형 도핑으로서 질소 가스를 사용한다. 여기에서는, SiH_4 가스를 500sccm, C_3H_8 가스를 200sccm의 유량으로 공급을 행하여, 막두께 $10\mu\text{m}$ 의 단결정 4H-SiC층(3)을 성막한다. 또한, 기판 계면에서는 캐리어 농도가 $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 이 되고, 활성 영역에서는 캐리어 농도가 $8 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ 가 되도록 N형 도핑으로서 질소 가스를 공급하였다. 그후, 원료 가스의 공급을 정지하고, 실온까지 온도를 낮춘다.

[0018]

여기에서, 발명자는, 단결정 4H-SiC층(3)을 형성할 때에, 성장로 내부의 압력과 온도를 적절하게 설정함으로써, 단결정 4H-SiC층(3)의 성장 표면에 매우 미소한 오목부(2)가 형성되는 것을 발견하였다. 도 3은, 단결정 4H-SiC층의 성장 표면에 형성된 오목부를 광학현미경으로 관찰한 현미경 사진상이다. 광학현미경에 의해 오목부(2)의 밀도를 산출한 바, 그 밀도는 약 600개/ cm^2 이었다. 이 오목부(2)의 표면 형상을 원자간력 현미경(Atomic Force Microscope)에 의해 측정한 바, 형상은 비대칭의 타원추 형상이고, 직경 $2 \sim 20\mu\text{m}$, 가장 깊은 부분의 깊이 $10 \sim 100\text{nm}$ 이었다. 더구나 상세한 실험을 반복한 결과, 오목부의 크기는 성막되는 에피택셜 막의 막두께에 의해 다르고, 막이 두꺼운 쪽이 오목부의 직경이나 깊이도 커지는 것을 알 수 있었다. 도 4는 오목부의 직경과 에피택셜 막의 막두께의 관계를 도시한 도면이다. 도 5는 오목부의 깊이와 에피택셜 막의 막두께의 관계를 도시한 도면이다. 실험의 결과, 에피택셜 막의 막두께를 $X[\mu\text{m}]$ 로 하면, 오목부의 직경 $Y[\mu\text{m}]$ 는 $0.2 \times X[\mu\text{m}]$ 이상, $2 \times X[\mu\text{m}]$ 이하이고, 또한 오목부의 깊이 $Z[\text{nm}]$ 은 $0.95 \times X[\mu\text{m}] + 0.5[\text{nm}]$ 이상, $10 \times X[\mu\text{m}]$ 이하인 것을 알 수 있었다.

[0019]

도 6은, 단결정 4H-SiC층의 표면의 오목부의 밀도와 결함밀도의 관계를 도시한 도면이다. 결함밀도는 포토루미네선스 토포그래피법(PL-TOPO법)에 의해 관찰하였다. 여기에서는, 결함밀도를 PL-TOPO법으로 관찰되는 발광 이상 영역으로 정의한다. 일반적인 성장 조건을 사용해서 단결정 4H-SiC층을 성막시킨 종래의 기판의 경우, 광학현미경으로는 오목부는 거의 관찰되지 않고, 그 밀도는 10개/ cm^2 보다 적다. 이 경우의 결함밀도는 60개/ cm^2 이상이 된다. 디바이스 전극의 면적이 $1 \sim 2\text{mm}$ 모서리 이상으로 큰 것도 있어, 종래의 단결정 4H-SiC 기판을 사용하면 전극 아래에 1개 이상의 결함이 존재하게 되어, 디바이스의 내전압 특성 등이 열화한다.

[0020]

한편, 오목부(2)의 밀도를 10개/ cm^2 이상으로 한 본 실시형태에게 관한 단결정 4H-SiC 기판의 경우에는, 결함밀도는 2개/ cm^2 로 대폭 저감할 수 있다. 오목부(2)의 밀도를 1500개/ cm^2 로 한 경우에는 결함밀도는 1개/ cm^2 로 매우 저밀도로 되었다.

[0021]

이상에서 설명한 것과 같이, 본 실시형태에서는, 직경 $Y[\mu\text{m}]$ 가 $0.2 \times X[\mu\text{m}]$ 이상, $2 \times X[\mu\text{m}]$ 이하이고, 또한 깊이 $Z[\text{nm}]$ 이 $0.95 \times X[\mu\text{m}] + 0.5[\text{nm}]$ 이상, $10 \times X[\mu\text{m}]$ 이하인 오목부를 갖는 단결정 4H-SiC층(3)을 에피택셜 성장시킨다. 이에 따라, 결정 결함을 저감할 수 있다. 더구나, 이 고품질의 단결정 4H-SiC 기판을 사용한 디바이스의 내전압 특성, 신뢰성, 수율을 향상시킬 수 있다.

[0022]

이때, 단결정 4H-SiC층(3)을 형성할 때에, 필요에 따라 P형 도핑용으로 Al, B, Be를 포함하는 유기 금속 재료를 공급해도 된다. 또한, 성장의 고속화를 도모하기 위해, 염소를 포함하는 가스를 병용해도 된다. 또한, 원료 가스 유량을 변화시킴으로써 단결정 4H-SiC층(3)의 성장속도를 변화시킬 수 있고, 성장 속도가 $1\mu\text{m}/\text{h}$ 이어도, $10\mu\text{m}/\text{h}$ 이어도 동일한 효과가 있는 것을 확인하였다.

[0023]

또한, 오목부(2)의 밀도는 성장로 내부의 압력과 온도를 적절히 설정함으로써 조정할 수 있다는 것을 발견하였다. 단, 그 조건은 일의적으로 결정되는 것은 아니고, CVD 장치의 로 내부 구성, 구조 등에 의해 크게 의존하는 것으로 생각되고, 각각의 경우에 있어서 바람직한 조건이 결정된다.

[0024]

실시형태 2.

[0025]

이하, 본 발명의 실시형태 2에 관한 단결정 4H-SiC 기판의 제조방법에 대해 설명한다. 도 7은, 본 발명의 실시형태 2에 관한 단결정 4H-SiC 기판의 제조방법을 나타낸 단면도다.

[0026]

우선, 실시형태 1과 마찬가지로, 성장 표면에 오목부(2)를 갖는 단결정 4H-SiC층(3)을 에피택셜 성장에 의해 막두께 300nm 로 형성한다. 이때, 단결정 4H-SiC층(3)의 막두께는 300nm 에 한정되지 않고, $50\text{nm} \sim 10\mu\text{m}$ 의 범위이면 된다. 다음에, 도 7에 나타낸 것과 같이, 단결정 4H-SiC층(3) 위에, 오목부(2)를 매립하도록 단결정 4H-SiC층(4)을 에피택셜 성장에 의해 막두께 $10\mu\text{m}$ 로 형성한다.

[0027]

이때, SiH_4 가스를 900sccm, C_3H_8 가스를 360sccm의 유량으로 공급하고, N형 도핑으로서 캐리어 농도가 $8 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ 이 되도록 질소 가스를 공급한다. 그후, 원료 가스의 공급을 정지하고, 실온까지 온도를 낮춘다. 그 밖

의 구성 및 제조공정은, 실시형태 1과 같다.

[0028] 여기에서, 성장 온도 등을 적절히 설정하고, 스텝 플로우 성장이라고 불리는 성장 모드가 지배적인 성장 조건에서 단결정 4H-SiC층(4)을 성장시키면, 단결정 4H-SiC층(3)의 오목부(2)를 매립할 수 있다.

[0029] 본 실시형태에 관한 단결정 4H-SiC 기판의 표면의 오목부(2)의 밀도를 광학현미경에 의해 산출한 바, 약 1개/ cm^2 로 매우 저밀도이었다. 더구나, 10 μm 모서리의 정사각형 영역을 원자간력 현미경에 의해 평가한 바, 스텝 번칭(step bunching)이라고 불리는 이상 성장의 발생도 없고, 평균 거칠기(Ra)는 0.3nm 이하로 매우 양호한 결과이었다. 또한, PL-TOPO법에서 관측한 결과, 결함밀도는 2개/ cm^2 로 매우 낮아, 단결정 4H-SiC층(3)의 성장시에 얻어진 낮은 결함밀도를 유지할 수 있다는 것을 확인하였다.

[0030] 본 실시형태에서는, 단결정 4H-SiC층(3)의 오목부(2)를 매립하도록 단결정 4H-SiC층(4)을 형성한다. 이에 따라, 결정 결함을 저감할 수 있고, 또한 단결정 4H-SiC 기판의 평탄성을 향상시킬 수도 있다.

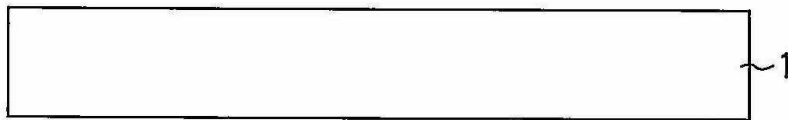
[0031] 이때, 실시형태 2와 같이 단결정 4H-SiC층을 2층 구조로 한 경우에도, 도 6에 나타난 오목부의 밀도와 결함밀도의 관계가 얻어진다. 또한, 오목부가 형성된 단결정 4H-SiC층(3)은, 반드시 4H-SiC 벌크 단결정 기판(1)과 접할 필요는 없고, 예를 들면 단결정 4H-SiC층(4)의 층 사이에 있어도 마찬가지로 결정 결함을 저감할 수 있다. 따라서, 요구되는 디바이스의 사양에 의해, 단결정 4H-SiC층(3)의 층 위치를 자유롭게 변경할 수 있다. 이 결과, 활성 영역의 캐리어 농도와 막두께를 정밀하게 제어하면서, 동시에 결함밀도의 제어도 가능해진다.

부호의 설명

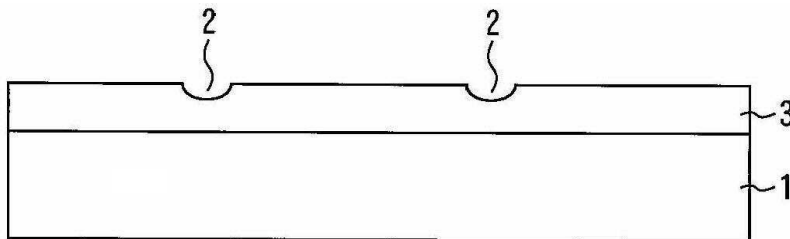
[0032] 1 4H-SiC 벌크 단결정 기판, 2 오목부, 3 단결정 4H-SiC층(제1 단결정 4H-SiC층), 4 단결정 4H-SiC층(제2 단결정 4H-SiC층)

도면

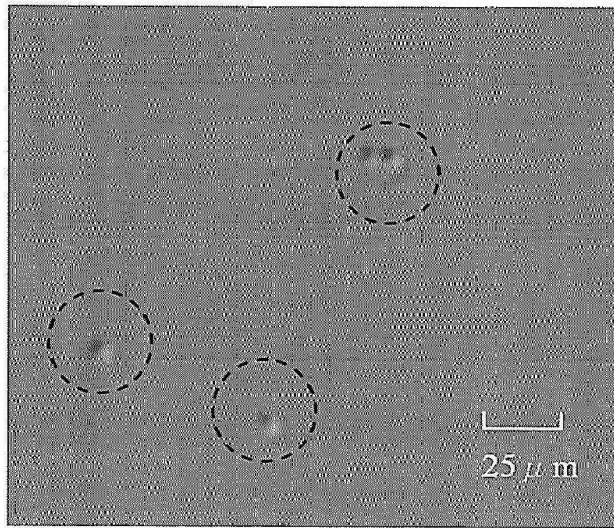
도면1



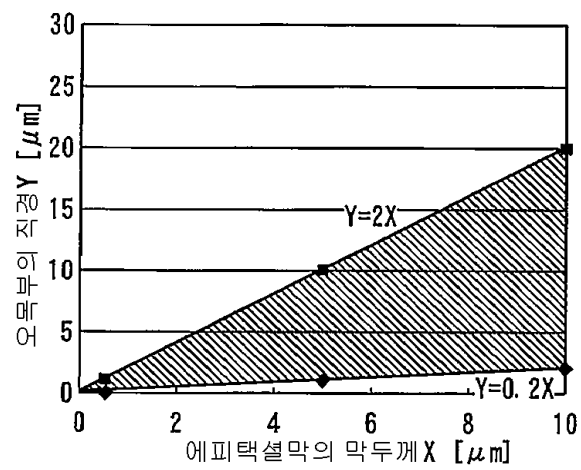
도면2



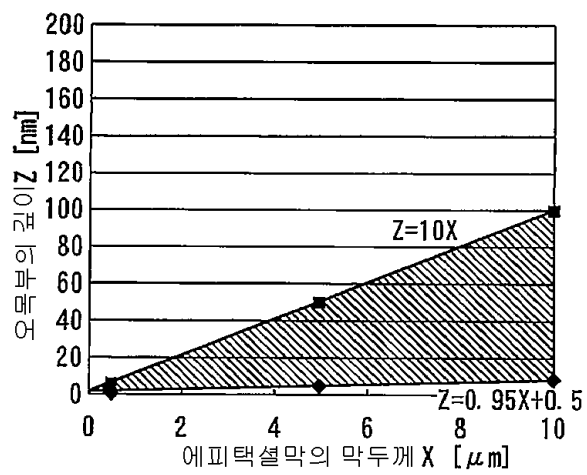
도면3



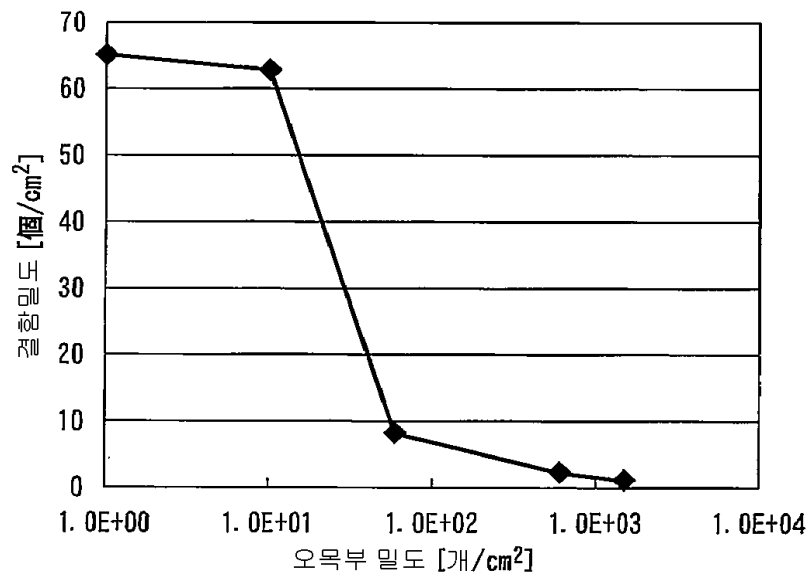
도면4



도면5



도면6



도면7

